COMPARACION DE LOS COMBUSTIBLES

Ahora, que conocemos la mecánica de las condiciones de la leña en referencia a los Poderes Caloríficos, comparemos algunos datos sobre los Poderes Caloríficos de los distintos combustibles, **ya que los mismos no se venden por sus calorías, sino por distintas formas de expresión : en los líquidos en litros (L), en gases en metros cúbicos** (**m3.** estándar : "La unidad de volumen a los efectos de la medición será un Metro Cúbico de Gas a una temperatura de 15 grados Celsius (15°C) y a una presión de 101,325 kilopascales absoluta o sea una atmósfera estándar."), **y en gases pesados por kilo** (garrafas)**. La leña en kilos (Kg) o toneladas (Tn)** (pero la humedad tiene una gran importancia en el precio para el comprador)**.** Esto hace que se deba ser muy cuidadoso al comparar el costo por Kilocaloría (Kcal).

Por ejemplo:

En combustible líquidos:

COMPARACION DEL PODER CALORIFICO SUPERIOR

Combustible	Kg/L Peso por litro	PCS Kcal/L Por litro	PCS Kcal/kg Por Kilo
Nafta	0,730 Kg/L	8.240 Kcal/L	11.200 Kcal/kg
Kerosene	0,800 Kg/L	8.900 Kcal/L	11.700 Kcal/kg
Gasoil	0,846 Kg/L	9.221 Kcal/L	10.900 Kcal/kg
Diesel Oil	0,846 Kg/L	9.386 Kcal/L	10.820 Kcal/kg
F.Oil Calef.	0,923 Kg/L	9.987 Kcal/L	10.820 Kcal/kg
F.Oil Pesado	+0,965 Kg/L	10.113 Kcal/L	10.480 Kcal/kg

Kcal/litro= kcla/kg x Peso por litro

Sustituir 1 Litro de F. Oil por 1 Litro de Gasoil no es un buen negocio.

Como vemos, en los combustibles líquidos, cuanto más "pesado" es el combustible (mayor densidad), **más calorías tendremos disponibles por litro** (esto hace que un auto a gasoíl tenga mayor rendimiento por litro que un auto a nafta, fuera ademas que el motor diesel tiene mayor rendimiento efectivo dada la alta compresión y el ciclo de funcionamiento). **Esto hace que el F. Oil pesado o "residual" sea el de mayor Poder Calorífico por litro.**

Ahora veamos el Gas Natural (**es una mezcla de gases, cuya composición fundamental es el gas metano**, muy liviano en referencia al aire, tiende a subir al escapar al aire).

			densidad	Kcal/kg	Kcal/kg
		Peso molecula	Kg/m3	P.C.S.	P.C.I.
METANO	CH4	16.041	0.6796K/m3	13,266.46	11,955.87
ETANO	C2H6	30.067	1.2860K/m3	12,400.32	11,351.41
PROPANO	C3H8	44	1.9156K/m3	12,034.20	11,080.29
NBUTANO	C4H10 N	58.118	2.5339K/m3	11,838.09	10,933.62
ISOBUTANO	C4H10 I	58.118	2.5339K/m3	11,809.75	10,905.28
PENTANO ISO	C5H12 N	72.144	3.0496K/m3	11,717.53	10,843.06
PENTANO N	C5H12 I	72.144	3.0496K/m3	11,695.86	10,821.39
N HEXANO	C6H14	86.169	3.6423K/m3	11,633.64	10,779.72
ANHI.CARBON	CO2	44.01	1.8740K/m3	0.00	0.00
NITROGENO	N2	28.016	1.1915K/m3	0.00	0.00

En la tabla superior vemos que **cuanto más liviano es el gas (menor densidad, peso por m3.), mayor es el Poder Calorífico por kilo y menor por metro cúbico (m3.).**

Esto hace una diferencia muy importante para su compra, ya que los gases pesados son licuables (como el supergas, que con presión no muy alta y a la temperatura ambiente, se **transforma en un líquido que se puede contener en un recipiente de presión (garrafa o tanque)**, que por lo general se venden por Kilo de gas), **mientras que los gases livianos son difícilmente licuables** (como el gas natural, se suministran por cañería, o como gas comprimido a alta presión para uso automotor, en tanques especiales a muy alta presión, en caso de ser licuado se hará a temperaturas muy bajas y luego se volverá a gasificar con temperatura para su distribución), **se venden por lo general en metros cúbicos (m3)** (a presión standard y 15ºC), **esto hace que la comparación por calorías en el precio se deba hacer cuidadosamente** (los medidores del volumen de gas en forma gaseosa, como el gas natural, dependen de la presión del gas y su temperatura, a más baja presión aumenta el volumen para una misma cantidad de gas por peso o calorías, de la misma manera si aumenta la temperatura, el gas se dilata y el medidor mide más m3. de gas para la misma cantidad por peso, por eso los grandes consumos, los medidores deben tener corrección automática computarizada de la presión y la temperatura, así tener el valor real del gas corregido a la presión estándar y la temperatura de 15ºC).

Pero la verdadera comparación es cuando usamos estos combustibles y nos referimos a su Rendimiento o "aprovechamiento" en determinado equipo adecuado para su utilización (combustión y recuperación del calor).

En cuanto **a la electricidad** (un elemento **aportador de calor en forma casi directa**, que ahora también está disponible) **tiene un "Poder Calorífico"** (si lo expresáramos para hacer una comparación) **de 860 Kilocalorías por Kilovatio hora** (860 kcal./KWh).

Para la comparación de la leña con los combustibles anteriores, se debe considerar el Eficiencia o Rendimiento de las calderas en las que se ha de usar (cada cada combustible responde a una mejor Eficiencia de acuerdo a no sólo el manejo de la combustión, sino del tipo y condiciones de diseño de la caldera, o si tienen o no recuperador de calor en gases de chimenea, etc,), **haremos una comparación aproximada entre los distintos combustibles.**

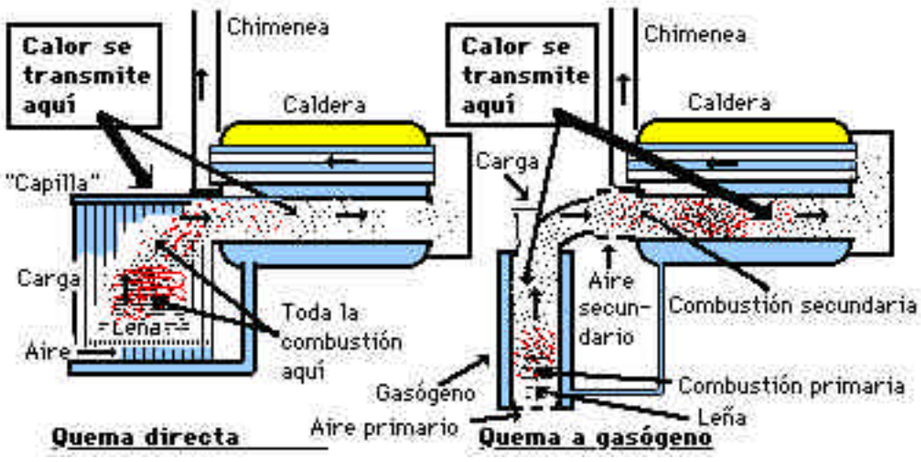
1 L. de F. Oíl pesado equivale a.....3,0-3,5 Kg. leña con 25% H.b.h.
1 L. de F. Oíl pesado equivale a.....1,05-1,15 m3. de gas natural.
1 L. de F. Oíl pesado equivale a.....3,3-3,6 Kg. cáscara arroz 10% H.b.h.
1 L. de F. Oíl pesado equivale a.....9,5 Kilovatios-hora (kwh)

Si lo observamos en comparación a la cantidad de vapor que producen por unidad (teniendo en cuenta una caldera promedio de baja presión, de vapor saturado, etc.).

1 L. F. Oíl pesado.....**12,5 a 14,5 Kg. de vapor .**
1 Kg. leña 25H.b.h......**3,8 a 4,8 Kg. de vapor .**
1 Kg. de cáscara de arroz 10%H.b.h....**3,6 a 4,2 Kg. de vapor .**
1 m3. gas natural .....**12,5 a 13,5 Kg. de vapor .**
1 Kilovatio-hora (Kwh).....**1,2 a 1,5 Kg. de vapor.**

Estos valores, serán más o menos convenientes, según sea el tipo de sistema de quema de la leña ("quema directa" o "gasógeno"**, el tipo de caldera, la calidad de la leña** (humedad, putrefacción, cáscaras, etc.), **la forma de operar** (manejo de la combustión), **presencia de recuperadores** (tanto economizadores, como calentadores de aire, etc.). **El rendimiento de la caldera como equipo térmico** (pérdidas de calor a la sala, purgas y pérdidas de agua y vapor).

Empezando por el sistema de quema:



Como se ve en la figura anterior, el sistema de quema se puede establecer en : a) **quema directa y** b) **quema por gasógeno.**

La quema directa, es aquella en que se produce la combustión en una cámara de combustión en que la leña se quema en forma continua (no hay un fraccionamiento de la combustión en forma física por la cámara de combustión) y **en la quema por gasógeno la combustión se hace en dos etapas separadas por dos cámaras de combustión unidas por un ducto** (en la primer cámara se hace una combustión parcial con falta de aire y en la segunda cámara de combustión se queman los gases a "medio quemar" de la primer cámara).

Ambos sistemas tienen comportamientos muy diferentes, **en sus reacciones, operación y comportamiento respecto a la leña y su condición al quemarla**.

Esto lleva a que algunas calderas solo puedan hacer una quema directa y las de gasógenos sean especiales para tal función (o adaptadas al efecto).

ACERCANDO LOS ROLOS A LA CALDERA

CARGANDO LOS ROLOS EN LA CALDERA

VISTA GENERAL DE UNA CALDERA LEÑA

ROLOS EN COMBUSTION EN EL HOGAR

LA COMBUSTIÓN Y SU PROBLEMÁTICA

Para que exista combustión en una caldera, se debe de cumplir:

1-Que haya combustible (carbono e hidrógeno)

2-Que haya oxígeno suficiente (aire con cierto exceso)

3-Que haya temperatura (la temperatura de + 600ºC)

5-Que haya tiempo (toda reacción química lleva un tiempo)

Si no se cumplen las condiciones anteriores, la combustión o no existirá o será una "mala combustión" (combustión parcial).
En definitiva:

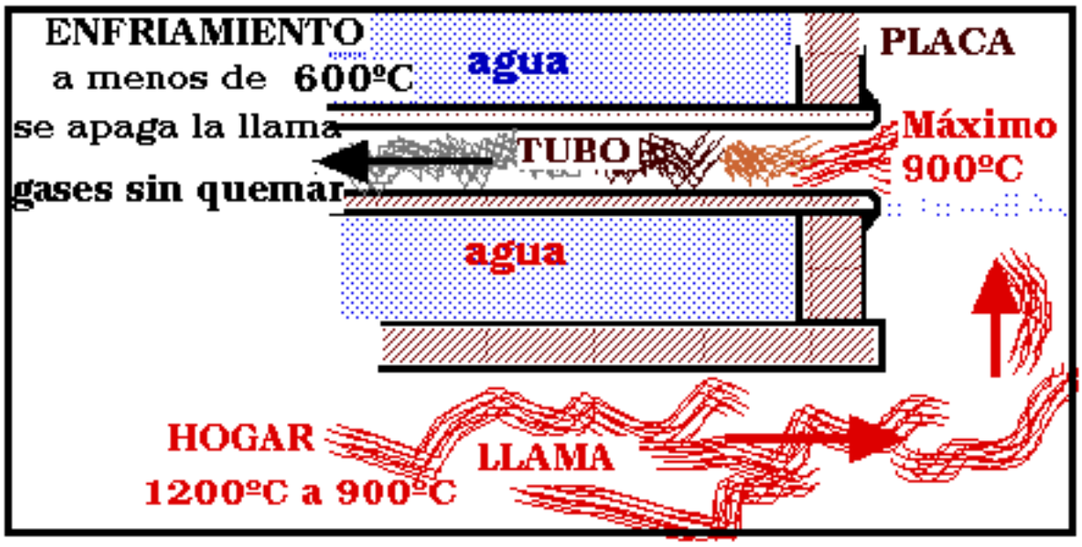
COMBUSTIBLE + OXIGENO + CALOR + TIEMPO= CALOR

Esta ecuación es muy importante, ya que la combustión se mantiene debido a que el propio calor que se produce, permite que la combustión continúe.

Si la llama se enfría, se apaga. Por eso la **temperatura en la cámara de combustión debe ser lo suficientemente alta** (+600ºC) **para lograr una combustión completa** (con el aumento en la temperatura en la zona de la reacción de la combustión, esta se hace más rápida y tiende a ser completa si hay **suficiente oxígeno** (aire) y **tiempo**, cada aumento de 10ºC se dice que la velocidad de una reacción química se acelera casi al doble, **el tiempo está relacionado a las condiciones anteriores y al encuentro "íntimo" entre las partículas a quemar y el oxígeno del aire, lo que llamamos en otros combustibles como calidad de la mezcla**).

Si falta tiempo de combustión, la combustión no se completa. En este caso, al faltar tiempo, los gases en combustión entran en zonas de la caldera en que **la llama se enfría y se apaga**, como ser **entre los tubos de las calderas acuo-tubulares** o en el **interior de los tubos de la calderas humo-tubulares**.

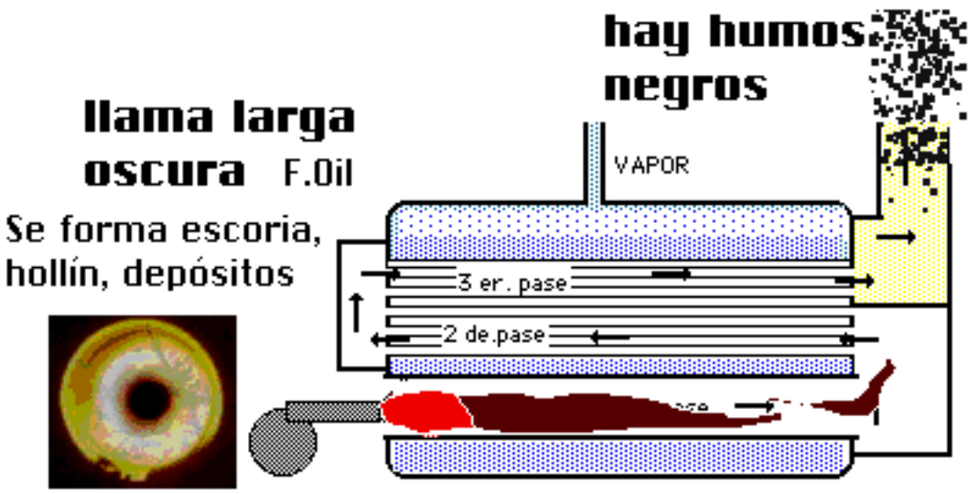
Nunca debe permitirse que la llama (o gases no visibles de combustión, como sucede en la leña y en los gases) entren sin terminar la combustión en el interior de los tubos (esta "llama" se apagará y será una pérdida del combustible que se irá con los gases de chimenea, pérdida muy considerable en muchos casos, **que además tiene características ácidas, que provocan corrosión, tanto en el caso de la leña, como en los gases y contaminación**).



TODA LLAMA AL ENTRAR EN UN TUBO, SE ENFRIA Y POR LO TANTO SE APAGA.

En los combustible líquidos, como el F. Oíl, la llama es muy luminosa (observable), **si se apaga, producirá humos negros** (micro-hollín y hollín), que se verán por la chimenea y **la llama será oscura y larga** (tanto si falta aire como si hay mala combustión: mala atomización, mala mezcla de aire y combustible, hogar muy frío, etc.).

Veamos una comparación entre la combustión de la leña y el F. Oíl:

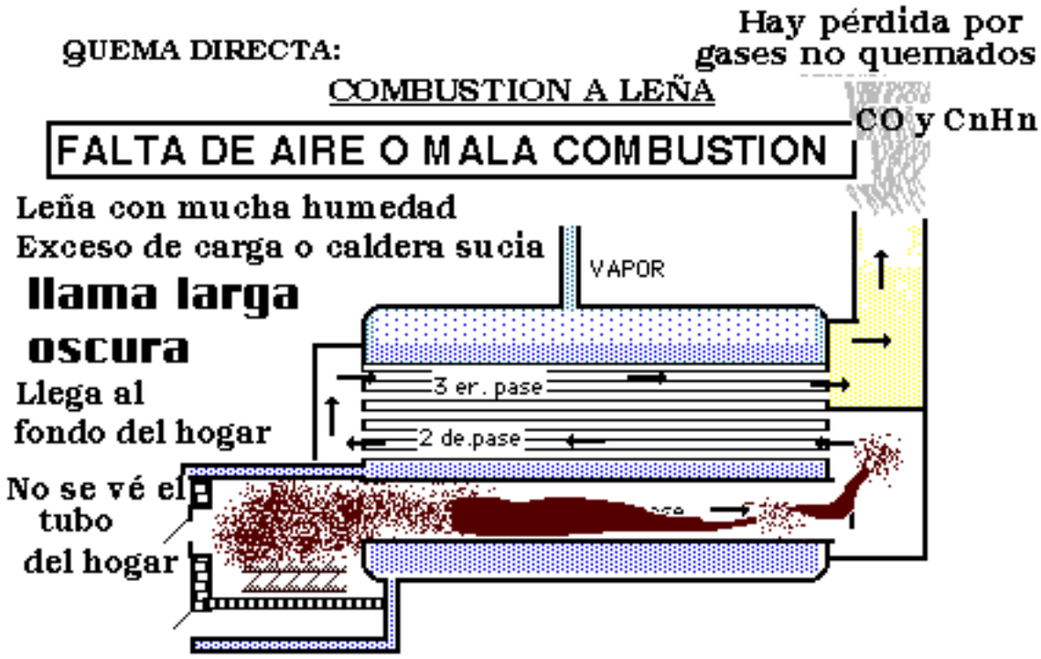


Vemos que **la llama del F. Oíl es muy visible**, vemos cuando termina, lo cual nos permite **controlar que no llegue a la zona de los tubos**, **en donde inevitablemente se apagará,** formará hollín, humos negros, ensuciará rápidamente las superficies de transferencia y **provocará pérdidas por alta temperatura de los gases de chimenea al ensuciarse las superficies de transferencia.**

En el caso de la leña, debemos dividirla en dos: "quema directa" (que se parece al caso del F. Oíl por ser bastante visible la llama) **y la "quema por gasógeno"** (que **es similar a la quema de los gases**, **la llama no se ve con claridad en donde termina**, por lo que la llama puede apagarse y no verse, si esto ocurre se produce una gran pérdida debido a "gases no quemados").

También en la "quema directa" si no se observa la terminación de la llama, que es observable, de manera que **no pase de un cierto valor en el largo del hogar cilíndrico**, por lo general la mitad del tubo del hogar, de lo contrario habrá pérdidas por "gases no quemados", no observándose nada en la chimenea (no hay humos) observables.

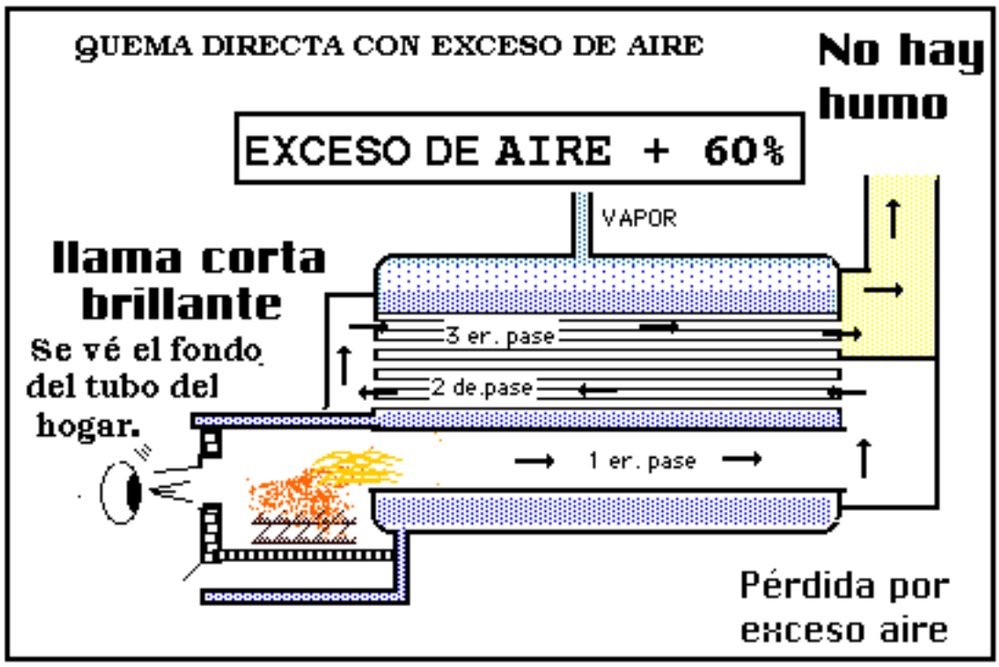
Por eso en la quema de gases y la quema de leña ("quema directa" o "gasógenos", cualquiera sea su combustible), **se puede monitorear si la quema es total midiendo los "gases no quemados"** (o CO, monóxido de carbono, por lo general se acepta un máximo de 400 ppm como CO), **en el caso de F. Oíl esta medida es insuficiente, hay que tomar medidas de hollín en los gases** (dado que puede haber hollín y no haber "gases no quemados" debido a los hogares "fríos" que hoy en día se utilizan, antiguamente tenían mucho refractario y se producía CO por la alta temperatura del refractario si la combustión no era completa).



Como vemos en el dibujo anterior, **quemando leña una caldera de "quema directa", podemos ver la llama** (esto facilita su control)**, en este caso es larga y oscura** (si quemara bien no debería pasar del la mitad del tubo del hogar), **esto significa que la combustión es "mala", que hay pérdidas de "gases no quemados"** (la llama de los gases se apaga al entrar en el interior de los tubos, debido a que se enfría y se produce una importante pérdida), **la caldera se ensucia más rápido** (con el alquitrán de la mala combustión y la ceniza, se produce un ensuciamiento que provoca una pérdida de transferencia, lo que **aumenta la temperatura de la chimenea**, esto aumenta la pérdida, luego este ensuciamiento **hace que los tubos se "tapen" o sea, restringen el paso de los gases** y la caldera no tiene buen "tiro", lo que "achica" la caldera y aumenta más las pérdidas por gases no quemados, por falta de tiro).

Por lo general esto ocurre cuando la leña tiene mucha humedad (por cada 1% de humedad, en la práctica se necesitan el 2% de exceso de aire). También esta condición se puede dar porque la calderas está muy cargada de leña, no queda una buena cámara de combustión (no hay tiempo de combustión), falta exceso de aire al estar muy tapada las grillas. **La contraposición a esto es el exceso de aire** (que provoca pérdidas por calentar un aire que no se utiliza en la combustión).

Cuando se quema "chips" con mucha humedad, es inevitable la pérdida que esta humedad provoca, lo cual debe ser considerado en el "balance" entre quemar "chips" con 40% H.b.h. o más o quemar "rolos de eucaliptos" con 25% H.b.h. (secado en forma natural con un estacionamiento racional), ya que no solo se trabaja con menos humedad que baja la Eficiencia por sí misma, sino porque la alta humedad del "chips" obliga a trabajar con más exceso de aire. Recordar que la "chispera" (máquina que troza la madera en chips) se debe cargar con rolos de la misma manera que se carga a la caldera que quema rolos (pero que no consume la energía adicional de la "chipiadora" que por lo general consume mucha carga eléctrica). Claro, que si el "chips" es el sobrante de otro laboreo de la madera (eucaliptos y otros árboles de madera de aserradero) y la presencia de aserrín de los cortes, quedando la planta en el predio de la fábrica o en lugar cercano, en este caso no hay otra salida de quemar la madera "picada" en parrillas especiales, aunque queda la opción del "pellets" de madera y los "briquetas" de madera, opciones válidas para su transporte por su baja humedad y que le dá un alto poder calorífico (pudiéndose quemar en parrillas para estos productos o "pulverizándolos" y quemándolos en "suspensión" o en cámaras de torsión.



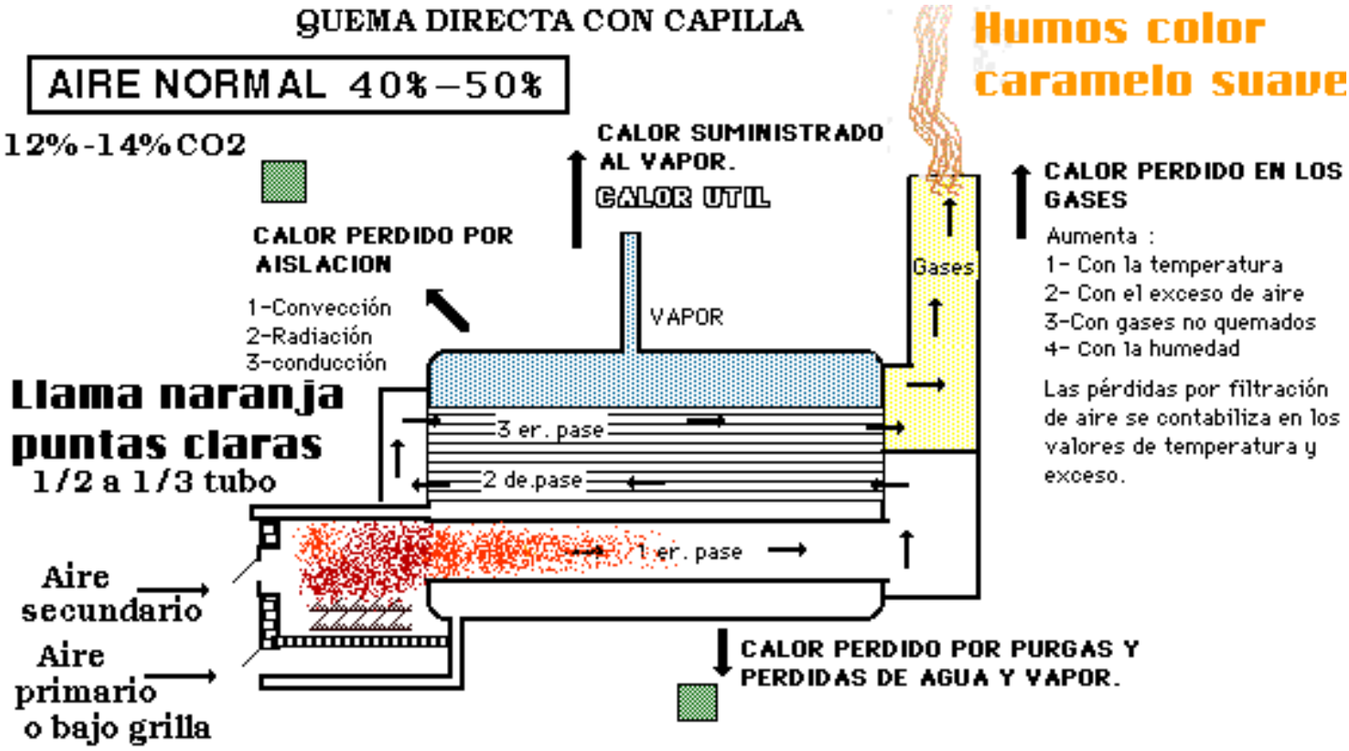
En leña es muy importante que el aire de combustión sea precalentado (con grillas refrigeradas para que no se quemen), esto **hace que se acorten los tiempos de combustión**, especialmente, cuando la leña está con mucha humedad (leña verde, mal "estacionada" para el secado o mojada). **Un precalentador de aire mejora la Eficiencia de la caldera (mejoramos el aprovechamiento del combustible ya que recuperamos calor en la chimenea, más de un 5%, y además mejoramos la combustión, acortando la llama, usando menos exceso de aire, por lo que podemos pensar en este caso como un "triple ahorro"). Lo que debe quedar claro, que cuando usamos aire precalentado por lo general solamente puede ser usado en grillas "húmedas" (refrigeradas), ya que con leña seca se producen altas temperaturas sobre las grillas.**

Es notable la mejora que produce el recuperador de gases de chimenea precalentando el aire, ya que baja la temperatura de salida de los gases a casi más de 100ºC en la recuperación, pero la mejor justificación es la propia mejora de la combustión (más activa, menos exceso aire, aún con leña de alta humedad, menos ensuciamiento de la caldera, etc., si bien tiene un costo inicial importante un precalentador de aire, este costo se paga en pocos meses y el beneficio es muy importante. Debemos de considerar que el precalentador de aire, del lado gases tiende a ensuciarse tanto o más que los tubos de la caldera, pero esto no solo tiene el "remedio" de limpiarlo con cepillo, sino que se puede limpiar hasta en marcha con agua caliente de la propia alimentación de la cada, haciendo un "barrido" de agua una vez por semana, en un "distribuidor" de agua frente a cada tubo de los que se tienden a tapar más).

QUEMA DIRECTA CON CAPILLA

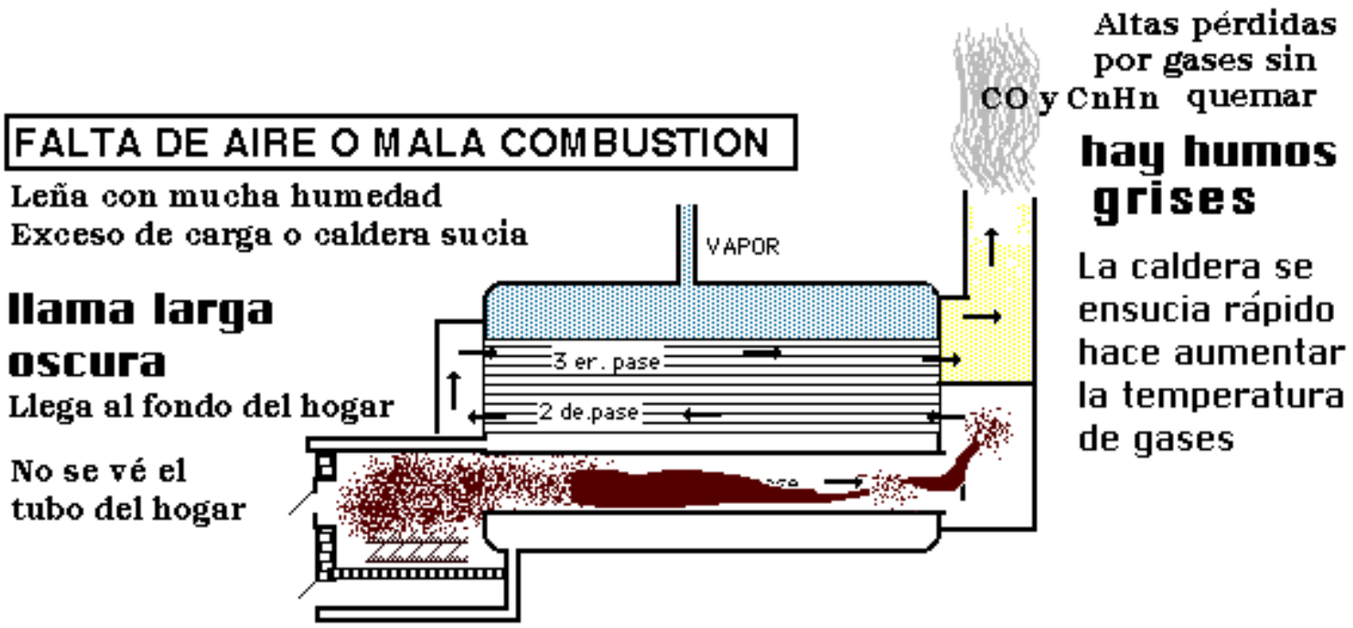
AIRE NORMAL 40%–50%

12%-14% CO_2

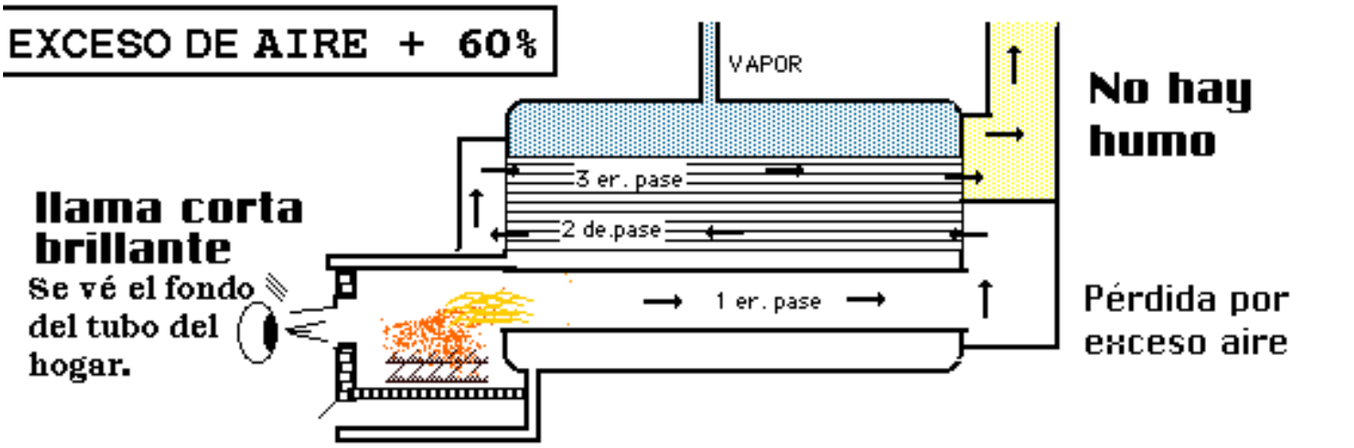


FALTA DE AIRE O MALA COMBUSTION

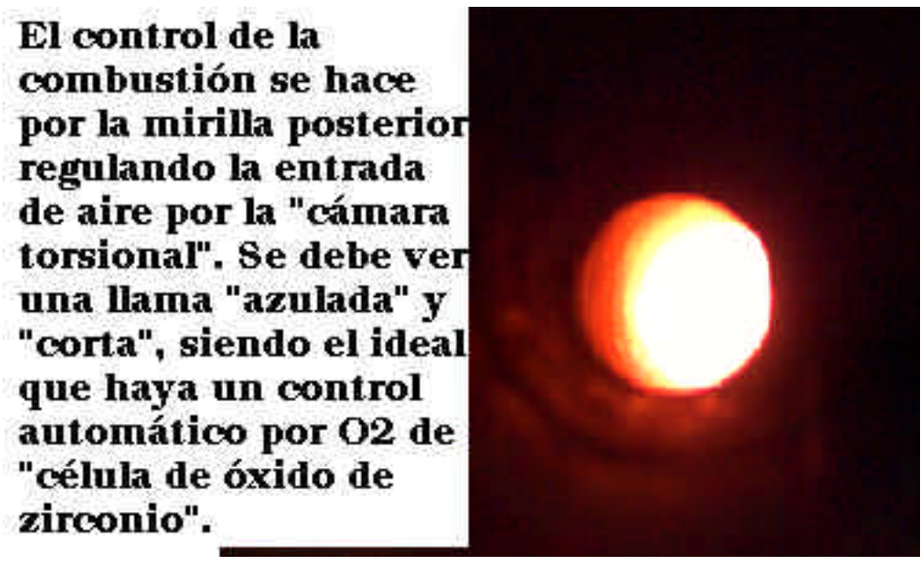
Leña con mucha humedad
Exceso de carga o caldera sucia


Altas pérdidas por gases sin quemar CO y CnHn
hay humos grises
La caldera se ensucia rápido hace aumentar la temperatura de gases
VAPOR
llama larga oscura
Llega al fondo del hogar
No se vé el tubo del hogar
3 er. pase
2 de.pase

EXCESO DE AIRE + 60%



En el caso de la quema de la leña con gasógeno (ocurre en forma similar con la quema de gases), **la llama no es observable en donde termina, por lo cual se debe utilizar instrumentos para medir si hay pérdidas por gases no quemados, que son muy importantes** (por cada 1% de monóxido de carbono-CO- se pierden entre un 5% a un 7% del combustible por la chimenea, pero además **se "achica" la caldera** o sea que pierde capacidad de producir vapor en la cantidad nominal).

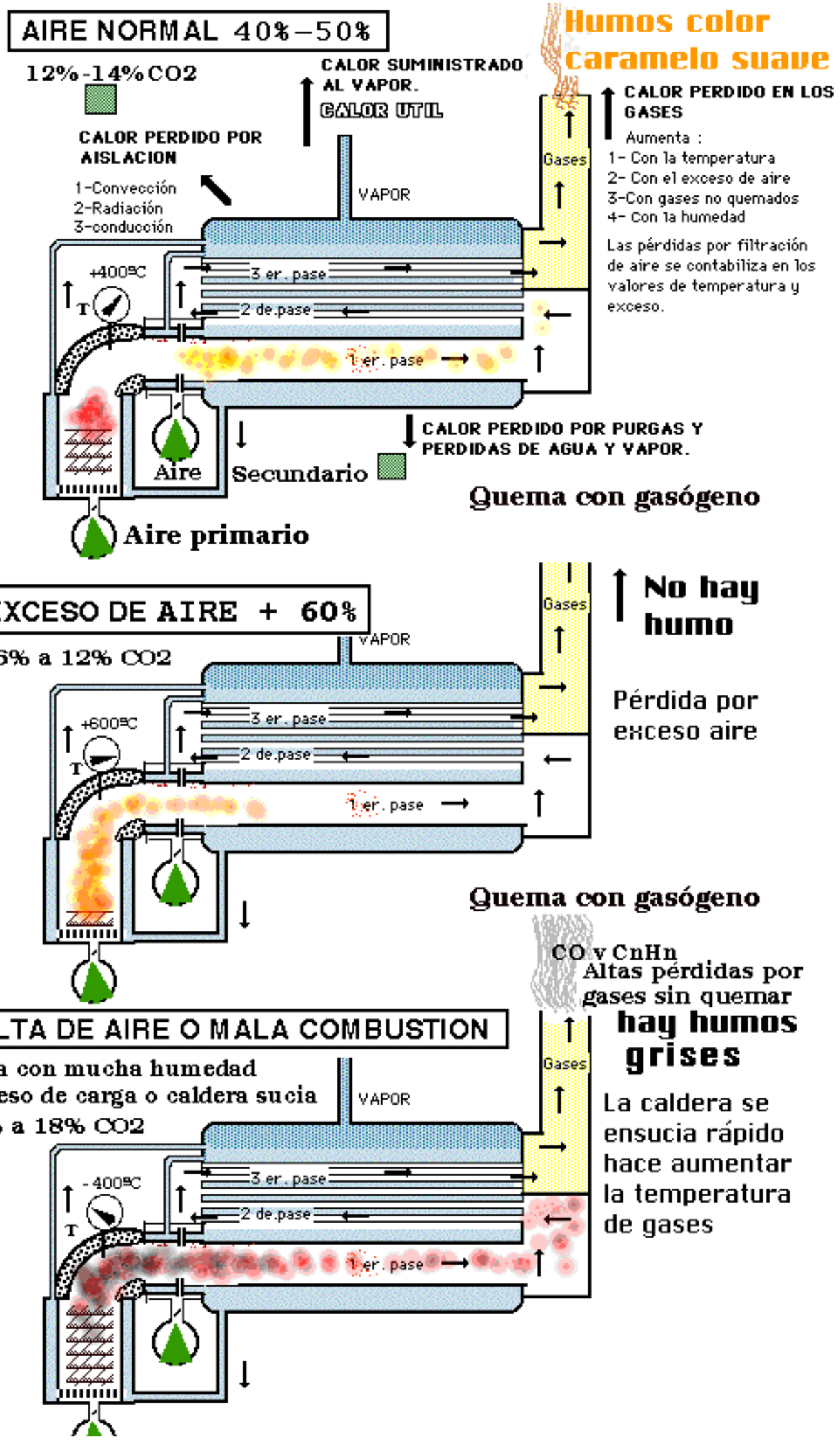

El control de la combustión se hace por la mirilla posterior regulando la entrada de aire por la "cámara torsional". Se debe ver una llama "azulada" y "corta", siendo el ideal que haya un control automático por O2 de "célula de óxido de zirconio".

El gasógeno de leña es una solución económica en su adquisición, dado que estructuralmente es menos "pesado" que un sistema de "quema directa", pero debe de ser considerado que es un sistema que debe estar complementado con una buena instrumentación (medida y control en gases de chimenea), calidad de la leña en la humedad ideal (25%H.b.h y no más de 35%H.b..h.), eliminación en lo posible de cáscaras y un tamaño adecuado al sistema (generalmente rolos de unos 600 mm y un relativo diámetro de unos Ø250 mm. máximo).

Es un sistema que se le debe prestar atención, ya que hay una relación muy "acotada" entre el aire "primario" que entra por el gasógeno y el aire "secundario" que entra en la cámara torsional.

En los que nos es personal, estamos utilizando "quema directa" y "gasógeno" desde 1980 en varias industrias que atendemos desde aquel entonces, eso nos lleva tener nuestra opinión al respecto, que puede diferir con la de otros técnicos, pero que sugiero que antes de decidirse por un sistema u otro, hay que visitar muchas de las instalaciones que existen desde hace muchos años (claro, cada uno "esta casado" con su sistema, por eso en cada visita hay que observar y preguntar, y sacar conclusiones propias).

Esto me ha llevado, luego de muchos años de medidas en las instalaciones, para mejorar su capacidad de ahorro de combustible, a desarrollar la idea que tengo sobre porqué la diferencia entre ambos sistemas. Veamos a lo que he llegado a tratar de encontrar una explicación de al diferencia.


AIRE NORMAL 40%–50%
12%-14%CO2
CALOR SUMINISTRADO AL VAPOR.
CALOR UTIL
CALOR PERDIDO POR AISLACION
1-Convección
2-Radiación
3-conducción
VAPOR
Gases
Humos color caramelo suave
CALOR PERDIDO EN LOS GASES
Aumenta :
1- Con la temperatura
2- Con el exceso de aire
3-Con gases no quemados
4- Con la humedad
Las pérdidas por filtración de aire se contabiliza en los valores de temperatura y exceso.
+400ºC
T
3 er. pase
2 de.pase
1 er. pase
Aire
Secundario
CALOR PERDIDO POR PURGAS Y PERDIDAS DE AGUA Y VAPOR.
Quema con gasógeno
Aire primario
EXCESO DE AIRE + 60%
6% a 12% CO2
VAPOR
Gases
No hay humo
+600ºC
T
3 er. pase
2 de.pase
1 er. pase
Pérdida por exceso aire
Quema con gasógeno
CO y CnHn
Altas pérdidas por gases sin quemar
hay humos grises
FALTA DE AIRE O MALA COMBUSTION
Leña con mucha humedad
Exceso de carga o caldera sucia
16% a 18% CO2
VAPOR
Gases
- 400ºC
T
3 er. pase
2 de.pase
1 er. pase
La caldera se ensucia rápido hace aumentar la temperatura de gases

Veamos una posible explicación a la direferencia entre la **quema de leña directa y la quema de leña por gasógeno**, esto es un experiencia sobre medidas de campo en la década de los 80, comparando calderas humo-tubulares de mediana capacidad (unos 2.000 a 7.000 Kg./hora de vapor):

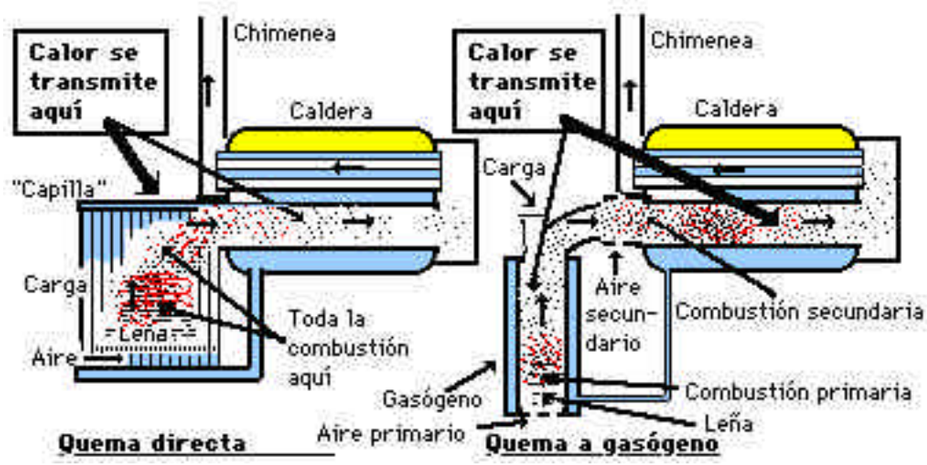
"POSIBLE EXPLICACIÓN A DIFERENCIAS ENCONTRADAS ENTRE LA QUEMA DE DIRECTA DE LEÑA EN ROLOS Y LA QUEMA POR MEDIO DE GASÓGENOS A LEÑA EN CALDERAS.

Estas diferencias son:

1- Mayor ensuciamiento de las superficies de transferencias del lado gases en la quema por gasógeno.

2- Mayor tendencia a la producción de monóxido de carbono en los gases de salida al disminuir el exceso de aire en la quema por gasógeno (esto afecta la Eficiencia en forma dramática , ya que 1% de CO disminuye entre un 5% a un 7% la Eficiencia de combustión).

3-Necesidad de un cuerpo mayor en superficie de la caldera para la transferencia de la misma capacidad de vaporización .



FORMA DE DESARROLLO DE LA COMBUSTIÓN EN CADA SISTEMA

COMBUSTIÓN DIRECTA:

En este caso nos estamos refiriendo a la quema de **combustión directa** (con cámara de combustión con transferencia de calor: "capilla acuotubular")en que las condiciones en que se produce la combustión es de tal manera de que **toda las reacciones entre el aire y el combustible (leña), se termina en la misma cámara de combustión**, es decir que el largo de las llamas "visibles" **no llegan más de la mitad del hogar cilíndrico de la caldera (caso de tubos de humo)** y **no penetran en el banco convectivo** de las calderas acuotubulares.

Esto se puede lograr regulando la carga sobre la "parrilla", el aire primario y secundario. (La humedad de la leña, la temperatura del aire, la disposición de la cámara, etc..).

La elevada temperatura, la luminosidad de la llama, las partículas "flotantes" en el seno de la combustión, permiten lograr una combustión completa en un volumen determinado (siempre que se encuentre dentro de los límites máximos que la experiencia indica). **Cuando se pretende que el Exceso de Aire sea muy bajo (menos del 20%, o sea un CO2 de más del 16%) aparecen en los gases de combustión " gases no quemados"** (fundamentalmente CO).

Veamos que sucede con el gasógeno.

COMBUSTIÓN POR GASÓGENO:

En este caso, hay una combustión primaria (**con falta de aire**) en que los gases resultantes (en su mayor parte CO, volátiles de la destilación de la leña, alquitranes, hidrógeno) pasan a la cámara de combustión de la caldera a una temperatura entre 400º a 700ºC (en esta parte solo se ha liberado menos del 50% de poder calorífico , **reteniéndose por enfriamiento del gasógeno entre un 5% a un 15% del calor total a liberar).**

En la combustión secundaria se pretende quemar dichos gases, buscando una mezcla íntima entre el aire secundario y los gases. Dependiendo del % de carga de la caldera y buscando bajar la relación aire a combustible, se nota en general la presencia de CO **cuando el CO2 pasa a más del 13%** (esto varía no solo en el % de carga sino que de una caldera a otra caldera, humedad de la leña, tipo de leña, aunque mejora al usar aire precalentado al igual que la quema directa).

En una palabra, el gasógeno tiene mayor tendencia a producir CO cuando se busca trabajar con mínimo exceso de aire.

Busquemos la explicación a este fenómeno, ya que parecería ilógico que un combustible gasificado pueda tener más dificultades para quemar que un combustible sólido.

Para ello veamos las condiciones de combustión de distintos gases y combustibles :

Como se nota en la gráfica comparativa, el Monóxido de Carbono (CO), tiene la velocidad más baja de llama, especialmente en la zona de menor % de combustible en el aire, o sea que cuando el % del CO baja por combustión, su velocidad va bajando hasta extinguirse si no se dan condicionantes de temperatura y catalización.

TEMPERATURA , LIMITES DE INFLAMABILIDAD Y VELOCIDAD DE LLAMA DE LOS GASES:

TEMPERATURA DE IGNICIÓN EN EL AIRE:

Hidrógeno	580ºC-590ºC
Metano	650ºC-750ºC
Etano	520ºC-630ºC
Monóxido de Carbono	644ºC-658ºC
Gas-Oil	336ºC
Carbón ordinario	400ºC-425ºC

+ 600 ºC

- 600 ºC

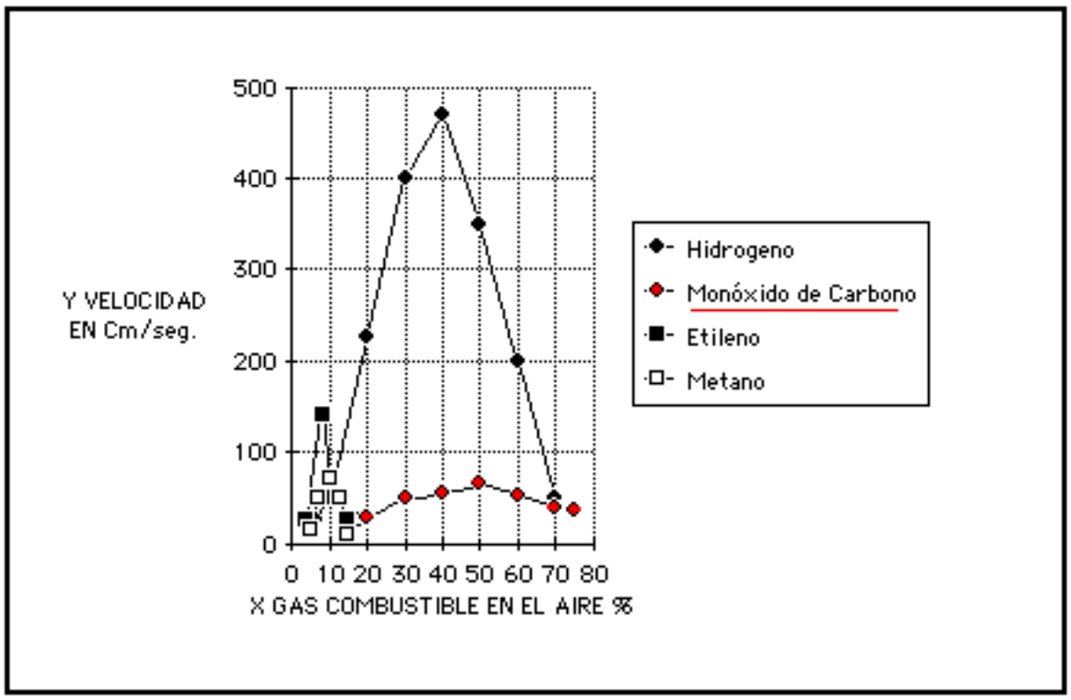
UN GAS NECESITA MAS TEMPERATURA

LIMITES DE INFLAMABILIDAD EN EL AIRE:

	Limite inferior	Limite superior
Gas de carbón	5,3%	31%
Benceno	1,4%	7,5%
Gas de alto horno	35,0%	74,0%
Monóxido de carbono	12,5%	74,0%
Hidrógeno	4,0%	75,0%
Metano	5,0%	15,0%

EL % DE GAS INFLUYE EN LA COMBUSTION

VELOCIDAD DE LLAMA EN LOS GASES



LA VELOCIDAD DE COMBUSTION DEL CO ES BAJA A CUALQUIER CONCENTRACION

CURSO A DISTANCIA: Para Calderas a Leña (eucaliptos)

2008

modulo 2

PROBLEMAS EN LA COMBUSTIÓN SECUNDARIA DEL GASÓGENO

Para quemar **un volumen de gas del gasógeno** a la temperatura que viene del mismo (gran volumen, dado la presencia de nitrógeno y dilatación) y teniendo en cuenta el volumen de aire que hay que suministrar (con 21% de O2 activo), para el logro de una combustión completa, se necesita **un volumen de cámara de combustión de dimensiones mayores que las correspondientes a un hogar común de petróleo o carbón quemando la cantidad equivalente de energía**, de lo contrario corremos el riesgo de que la combustión no se complete, ya que una vez de entrar los gases en las zonas frías (interior de los tubos de humos o bancos convectivos, el gas restante se enfriará por debajo de la temperatura que necesita para mantener su combustión).

Si observamos quemar la llama del gas de un gasógeno, veremos una zona de combustión sobre la zona de mezcla, esta corresponde fundamentalmente al hidrógeno (por su alta velocidad le da estabilidad a la llama no visible del CO), **de acuerdo a la relación aire/combustible, esta llama visible tendrá aspecto y colores distintos**, pero la única forma de establecer el largo de llama es con **instrumentos de medida de gases** en la presencia de "gases no quemados" (fundamentalmente CO, H2 y alquitranes).

El largo de llama también dependerá del % de carga del gasógeno.

En resumen : El largo de llama estará influenciado por la relación aire/combustible, el porcentaje de la carga del gasógeno o caldera, tipo de gases generados (humedad de la leña influye en gran forma), disposición de la cámara secundaria de combustión (refractarios,etc). **La cámara "torsional" es fundamental para lograr la mejor combustión secundaria en un gasógeno**.

RESUMEN:

Aparentemente las calderas con gasógenos, sean adaptadas o diseñadas al efecto, **no tienen hogares de combustión de mayor dimensión que las correspondientes calderas quemando otros combustibles (F. Oíl, quema directa, etc.).**

Los hogares de la calderas de "quema directa" con "capilla acuotubular " tienen el hogar de combustión ("capilla") en donde prácticamente se hace más del 90% de la combustión y además el **hogar normal de la caldera donde se produce la quema del gas que se ha retardado su combustión en los picos de carga .Pero lo interesante es que la "capilla" es responsable de más del 50% de la evaporación, pasando la parte humo-tubular o convectiva a tener un rol secundario o de recuperación** (de allí la menor incidencia en el rendimiento si esta parte estuviera sucia por cenizas - en la mayoría de los casos puede pasar varios meses para que ocurra algo notorio en la temperatura de gases de chimenea).

El foguista puede regular mejor la "quema directa": esto sucede porque la llama de la quema directa **es visible**, cuidando que la misma no pase más allá de la mitad del hogar cilíndrico de las humo-tubulares o que no entre en el banco convectivo, **quedando la leña pareja sobre la "parrilla" y buscando que la llama tenga un largo mediano** (penetre hasta la mitad del hogar cilíndrico de las humo-tubulares o "acaricie" los tubos de las acuotubulares), **los valores de Eficiencia serán buenos.**

En cambio, en las calderas a gasógeno en forma visual no es posible regular el aire secundario con respecto al gas producido , ya que no hay llama visible de terminación, es decir, vemos la base de la combustión, pero no vemos donde la misma termina. Sería necesario un instrumento que indique CO en los gases de combustión (o gases no quemados).

De esto se deduce :

1-Que a igualdad de superficie en las calderas humo-tubulares (en la parte del cuerpo humo-tubular)**, la quema directa tiene más rápida reacción, más capacidad de generación pico y menos problemas de repuesta al ensuciamiento.**

2-Que el ensuciamiento prematuro de la quema con gasógeno responden más a una falta de combustión en la llama (por el largo de la misma y su enfriamiento), **produciendo "hollín"** (ceniza con alquitranes del "arrastre" del gasógeno) **que afecta la transferencia de calor en forma dramática** (su transferencia depende del cuerpo humo-tubular en un 90%)**.**

En el comentario anterior, parece reflejar la idea de que no soy partidario del gasógeno, lo cual no deja de ser cierto (por lo ya comentado), aunque opero con gasógenos hace más de 25 años, por lo que aconsejo que cada cual haga sus mediciones y saque conclusiones al respecto.

A lo que **debo agregar que hay consideraciones en el caso del "la quema por gasógeno" en el manejo de la leña**, ya que que se utilizan astillones o rolos cortos, lo que obliga a un **mayor gasto de "cortes"** y además, como debe **el estacionamiento ser efectuado por estibas** (cosa que por lo general no se hace cuando son astillones o rolos cortos, lo cual provoca varias pérdidas). **El aire que pasa entre los rolos o astillones es lo que seca la humedad** (el sol tiene poca incidencia). Aquí, **si no se hacen estibas ordenadas, se pierde por exceso de humedad, por mayor tiempo de estacionamiento, por putrefacción y por pérdidas de volátiles en el mayor tiempo** (cosa qué, además, el mayor tiempo de estacionamiento tiene la pérdida económica del capital "parado").